

03 Pencucian dua-tahap untuk preparasi silika dari lumpur panas bumi (geothermal sludge)

By Srie Muljani

Pencucian dua-tahap untuk preparasi silika dari lumpur panas bumi (geothermal sludge)

Nisa Mujiand*, Heru Setyanegara**, Gede Wibisona**, Ali Alimulya**

^{*}) Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology,
UPH Veteran Jawa Timur

^{**}) Department of Chemical Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS)
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60131, Indonesia

Abstrak. Dua tahap pencucian telah dipelajari meliputi, pencucian bahan baku sebelum ekstraksi silika dan pencucian gel setelah presipitasi asam untuk menghasilkan silika gel murni dari geothermal sludge (GS) GS dari pembangkit tenaga panas bumi Dieng mengandung banyak silika dan impuritas dalam bentuk garam yaitu Na, Fe, dan K. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk silika yang kurang sempurna tidak terhad dengan impuritas yang terkandung dalam GS. Optimal pencucian gel menghasilkan kandungan silika mencapai 98,8% dan 1,0% kelembaban. Adsorpsi-desorpsi sistem isotherm tipe IV dan hysteresis loop tipe III, yang menunjukkan bahwa silika tersebut mesopori dengan diameter pori pada kisaran 4,8-6,3 nm. Kandungan mineral dari GS dan produk silika ditentukan oleh imager dispersif X-ray (EDX) dan X-ray Fluorescence (XRF). Polidifraksi sinar-X menunjukkan sifat amorf silika.

Keywords: geothermal sludge, impurities, silica mesopori, purification

1. Pendahuluan

Energi panas bumi merupakan sumber energi bersih. Namun, biaya pengolahan limbah tinggi dan kewajiban jangka panjang terkait dengan limbah menjadi masalah yang terus berlanjut. PLTPB menghasilkan limbah selama pengeboran sumur dan operasi pabrik berlangsung. Cairan panas bumi mengandung konsentrasi yang tinggi dari padatan terlarut termasuk silika, NaCl, KCl dan garam-garam logam [1]. Cairan panas bumi di PLTPB Dieng memiliki salinitas hingga 3,5 persen berat NaCl [2].

Limbah dari operasional PLTPB meliputi kondensat dan lumpur dari menara pendingin. Limbah padat (sludge) dari pembangkit panas bumi lebih sulit ditangani. Pembangkit panas bumi di Dieng (Indonesia) menghasilkan lumpur sekitar 165 ton / bulan dan dibuang sebagai tanah urug [3].

Pramanjar dan Lin [4] mengembangkan metode pencucian untuk memurnikan silika dari limbah padat panas bumi menjadi produk silika amorf murni menggunakan

asam sebagai pelarut. Silika amorf yang dihasilkan memiliki luas permukaan BET sekitar $13 \text{ m}^2 / \text{g}$. Silika amorf juga dihasilkan dari GS Dieng GS hingga mencapai kemurnian 98,5 % dan luas permukaan sekitar $17,97 \text{ m}^2 / \text{g}$ melalui metode pelarutan dan pengeringan pada suhu 750°C [5]. Metode pemurnian dengan pencucian asam juga dilakukan untuk pemurnian silika dari abu sekam padi [6,7] dan abu bagas [8]. Afandi dkk [8] melaporkan silika mesopori dihasilkan dari abu bagas memiliki kemurnian 99% berat dan luas permukaan sekitar $69\text{-}152 \text{ m}^2 / \text{g}$. Luas permukaan silika yang rendah hanya dapat diaplikasikan untuk beberapa penggunaan seperti untuk filler. Untuk aplikasi yang lebih luas sebagai material berbasis silika perlu dikembangkan dan dipelajari lebih lanjut GS sebagai sumber silika.

Silika telah digunakan untuk aplikasi di berbagai bidang, seperti bahan kimia adsorben, katalis, silika berbasis komposit, filler mesopori untuk karet, agen resin, agen pelapis, sesuai dengan karakteristik

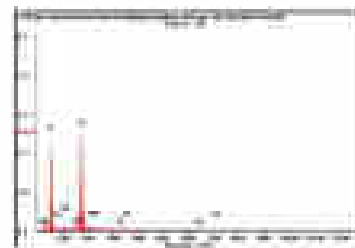
fisik dan kimia silika, dan sifat-sifat yang diperlukan berbeda sesuai dengan aplikasi yang memerlukan pematiran berbagai jenis silika. Silika dilakukan dengan metode presipitasi biasanya digunakan untuk adsorben atau katalis.

Silika amorf mampu membentuk silanolate yang cukup untuk pembentukan matrik berikannya pada nilai molar NaOH/SiO_2 lebih besar dari 0,5, bahkan dengan masukan energi yang rendah serta pengadukan pada suhu kamar. Dengan demikian penambahan NaOH tidak lebih dari setengah jumlah mol silika selama sintesis tersebut [9]. Keberadaan NaCl untuk ekstraksi silika akan memantapkan keberadaan HCl dalam presipitasi silikanya dan akan mempengaruhi pembentukan gel terkait adanya NaCl dalam matrik silika. Pembentukan gel terjadi pada tahap pematiran fisik dan kimia yang terkait dengan permukaan kondensasi grup $[\text{OH}]$, sintesis dan agregasi [10]. Ketika pH menurun dengan pertumbuhan HCl , tingkat kondensasi silikat meningkat. Meningkatkan konsentrasi ionik (NaCl) memfasilitasi pembentukan gel lebih pendek terutama karena sintesis diketahui berinteraksi dengan silika [11]. Penambahan NaCl memfasilitasi sintesis gel yang lebih baik karena kondensasi silikat meningkat. Tetapi kehadiran NaCl yang berlebih dalam matriks silika memungkinkan pengurangan luas permukaan dan ukuran pori silika. Menunda gel menjadi penting dalam rangka untuk meminimalkan serta memperbaiki luas permukaan silika. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki efeknya operasi pencetakan pada proporsi silika dari GS mengacu pada konsentrasi produk silika maupun yaitu pencetakan bahan baku (pencetakan tahap satu) dan pencetakan gel (pencetakan tahap dua). Pencetakan gel juga dipengaruhi dalam dua kondisi yaitu pencetakan pada kondisi gel basah dan pencetakan gel kering.

2. Eksperimen dan metode

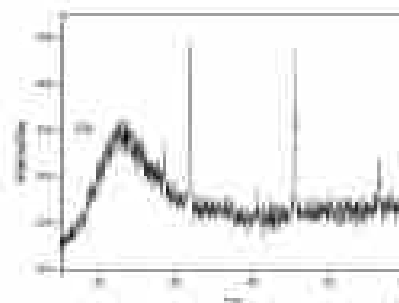
Bahan baku GS dari PT Geosilpa Energi. Dengan berbagai kumpulan dihasilkan hingga diperoleh ukuran partikel dalam kisaran 80-100 mesh. Sampel bahan baku bubuk GS selanjutnya diaduk untuk mencampur komponen dan sifat kristalinitasnya. Gambar 1

menunjukkan pada proporsi komponen dalam bahan baku GS silika dengan proporsi tertera yaitu 86,6 % SiO_2 , Impuritas Fe (Fe_2O_3) sekitar 6,53%, K sekitar 2,75 %, Ca sekitar 1,75% dan Na sekitar 4,7 % berat.



Gambar 1 Pola energi dispersi X-ray untuk GS

Pada difraksi X-Ray untuk bahan baku GS menunjukkan sifat amorf yang ditunjukkan oleh sudut bendai antara 15 hingga 22 °2θ seperti terlihat pada Gambar 2. Terlihat puncak-puncak yang mengindikasikan adanya garam NaCl berdasarkan struktur difraksi (JCPDS).



Gambar 2 Pola difraksi X-ray bahan baku GS

Operasi pencetakan bahan baku GS (pencetakan tahap satu) dilakukan sebagai struktur dengan cara berikut. Sejumlah gram sampel GS dituangkan dalam 100 ml air destilasi dan diaduk selama 2 jam, diaduk melalui laras menggunakan Whisman No 41 dan selanjutnya dikeringkan. Sampel bahan baku hasil pencetakan ini diberi kode GS1.

Sintesis matriks silikat dilakukan dengan mengkilatkan sepuluh gram baik untuk GS dan GS1 menggunakan 100 ml NaOH , diaduk dan dididihkan selama 1 jam. Konsentrasi NaOH pada masing 0,3 hingga 2 N. Hasil

diadukan dengan cara diaduk dengan menggunakan kertas Whatman 41. Setelah penyaringan, larutan natrium silikat diencerkan dalam air deionisasi pada kisaran rasio 1:2-1:5 volume. Dari pengenceran natrium silikat dihasilkan konsentrasi natrium silikat dalam variasi 1%, 1,4%, 1,6%, 1%, 2,65% SiO_2 .

Efisiensi reaksi antara NaOH dan SiO_2 diperkankan dari 1) rasio berat silika yang dihasilkan dari reaktor dan berat silika yang terkandung dalam bahan baku. 2) Menghitung rasio $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ dari sistem.

Reaksi antara NaOH dan SiO_2 dapat dinyatakan sebagai berikut:



Silika dihasilkan dari netralisasi sodium silikat sebagaimana reaksi berikut:



Rasio SiO_2 dan Na_2O ($\gamma\%$) dapat dihitung dengan menggunakan mol γSiO_2 (silika gel yang dihasilkan) dan mol 2NaOH (NaOH yang digunakan dalam reaksi).

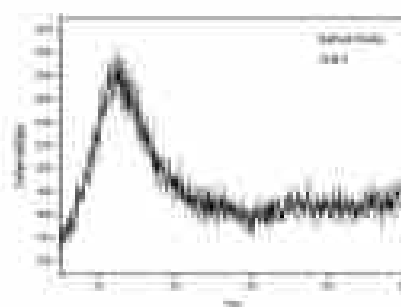
Preparasi gel dilakukan dengan cara titrasi. 100 ml larutan sodium silikat pada konsentrasi yang sudah ditentukan ditambahkan 1N HCl pada laju 0,5 ml / menit menggunakan pompa syringe disertai pengadukan. Penambahan HCl dihentikan setelah mencapai pH yang diinginkan. Untuk berbagai variasi konsentrasi dilakukan pada pH optimum (pH 7). Setelah selesai titrasi kemudian dilakukan aging untuk gel selama 12 jam. Setelah aging, gel dituangkan secara hafur dengan menambahkan 100 ml air deionisasi untuk membunuh busuk. Bubur gel dicuci sebanyak 3 kali (sebagai pencuci gel kondisi basah WT) dan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 18 jam. Gel kering dari oven ditumbuk dan sebagian dicuci dengan 100 ml air deionisasi (sebagai pencucian gel kondisi kering, W2) dan kemudian dikeringkan kembali selama 4 jam pada 100°C dalam oven.

Laar permukaan dan ukuran partikel silika diukur melalui pengukuran Brunauer-Emmett-Teller (BET) menggunakan absorpsi

nitrogen multi-point pada suhu -195°C (Noya 1200, Quantachrome). Analisis komposisi bahan baku dan produk menggunakan Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR 9400s, Shimadzu) digunakan untuk menentukan struktur molekul dan analisis silika. X-ray diffraction (X-Pert, Philips) digunakan untuk menentukan fase kristalin yang ada dalam partikel silika pada bahan baku dan produk.

3. Hasil dan Diskusi

Gambar 3 menunjukkan pola difraksi X-ray untuk G81 (hasil penemuan bahan baku G8).

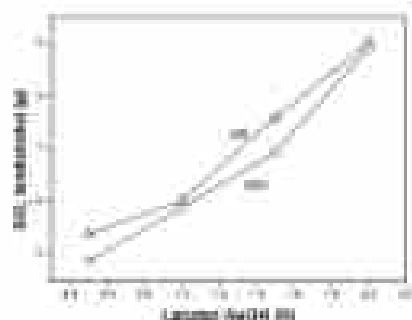


Gambar 3. Pola difraksi X-ray bahan baku G81.

Pencucian bahan baku mampu mengurangi kandungan garam yang terkandung dalam G8. Operasi pencucian bahan baku setidaknya mengurangi kandungan G8 secara fisik. Jumlah silika yang terkandung dapat ditentukan dari keberadaannya dalam larutan sodium silikat yang diperoleh dari G8 dan G81. Tabel 1 yang berhubungan dengan Gambar 4 menunjukkan pengaruh konsentrasi NaOH pada komposisi silika yang terkandung.

Tabel 1. Gram silika dalam larutan sodium silikat dan rasio $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ dihasilkan dari G8 dan G81.

NaOH (%)	SiO_2 (gram)		$\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$	
	G8	G81	G8	G81
0,4	5,372	4,861	1,578	1,204
1	6,012	5,878	2,211	2,675
1,5	7,394	6,557	2,221	2,178
2	9,016	8,995	1,891	1,913



Gambar 4 Pengaruh konsentrasi NaOH pada jumlah silika yang dapat dihasilkan untuk dua tipe bahan baku (GS dan GSI).

Tidak ada perbedaan yang signifikan pada yield silika yang dihasilkan dari dua tipe bahan baku. Jumlah SiO₂ untuk persiapan menggunakan GSI hanya butuh sekitar 0.3 g sedemikian hingga modulus sodium silikat (ratio SiO₂/Na₂O) yang diperoleh dari GS relatif sama dengan modulus yang diperoleh dari GSI.

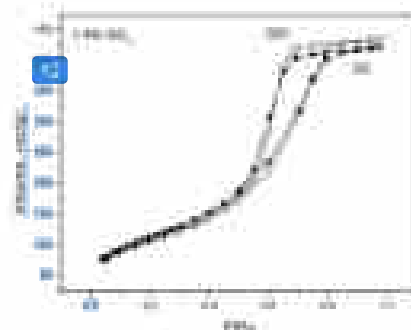
Gambar 5 menunjukkan pengaruh konsentrasi NaOH pada kuantitas Fe₂O₃ dan SiO₂ yang terkandung dalam larutan sodium silikat. Makin besar jumlah SiO₂ yang teroksidasi dikawat dengan semakin banyak Fe₂O₃ dalam larutan sodium silikat yang dihasilkan. Kandungan Fe₂O₃ dalam sodium silikat relatif kecil pada dibawah 0.5 % Fe sebagai impurities terakumulasi dalam GS tidak larut dalam jumlah yang signifikan pada larutan NaOH, sehingga ketidak sempurnaan jumlah silika tidak bisa dibandingkan dengan silika impurities tersebut.



Gambar 5 Pengaruh NaOH pada pelenaran Fe₂O₃ dan SiO₂ yang terkandung dalam larutan sodium silikat

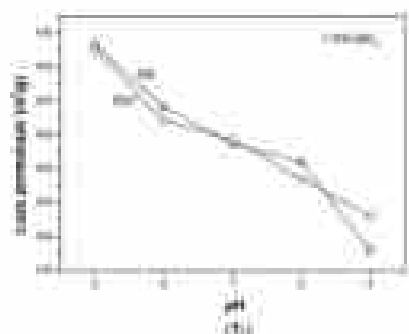
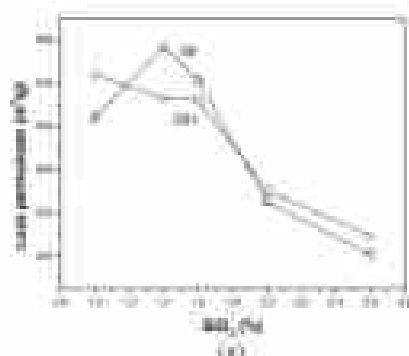
Untuk agilitasi di industri, modulus sodium silikat dalam grade yang bervariasi antara 1.6:1 dan 3.75:1. Pada konsentrasi NaOH 1N diperoleh modulus $M = 2.673(GSI)$ dan $M=2.711 (GS)$ nilai relatif untuk proporsi silika mesopori GS.

Gambar 6 menunjukkan representasi secara grafik dari isotherm adsorpsi dan desorpsi silika dari GS dan GSI yang dibuat pada konsentrasi 1.4% SiO₂. Elipsorimen adsorpsi nitrogen mengacu pada klasifikasi IUPAC sebagai isotherm tipe IV. Hysteresis loop yang terjadi antara grafik adsorpsi dan desorpsi menunjukkan kondensasi kapilar dari struktur pori dari mesopori sebagai tipe III. Dapat dinyatakan silika yang diperoleh dari GS maupun GSI tergolong silika mesopori.



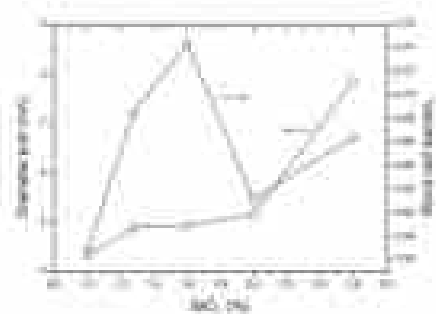
Gambar 6 Isotherm adsorpsi dan desorpsi untuk silika mesopori yang dibuat pada konsentrasi 1.4% SiO₂ dari GS dan GSI.

Gambar 7 menunjukkan pengaruh konsentrasi silika dan pengaruh pH pada luas permukaan silika mesopori baik dari GS maupun GSI. Pada konsentrasi silika yang sama, dihasilkan luas permukaan yang hampir sama untuk kedua tipe bahan baku tersebut. Kecenderungan yang sama terjadi juga pada perubahan pH.



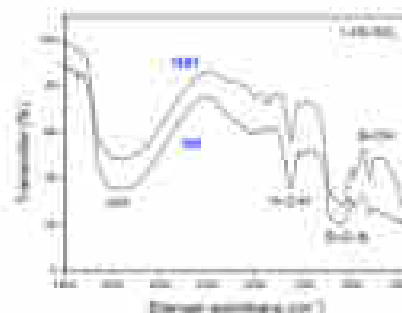
Gambar 7. Pengaruh (a) konsentrasi SiO_2 dan (b) pengaruh pH pada luas permukaan silika yang dihasilkan dari Q5 dan Q81.

Makin tinggi konsentrasi silika (disek 1% to 2.6% SiO_2) akan menurunkan luas permukaan partikel silika dari sekitar 443 m^2/g hingga sekitar 280 m^2/g . Pada konsentrasi silika yang tinggi agregat cepat sekali terbentuk sehingga pertumbuhan partikel primer terlalu singkat. Kemudian ini menyebabkan terjadinya penurunan luas permukaan silika namun ukuran partiknya semakin besar seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Pada kondisi konsentrasi yang rendah kondensasi silikatnya juga akan rendah hingga waktu pembentukan gelnya relatif makin lama namun luas permukaan menjadi rendah juga. Hasil penelitian membuktikan bahwa silanya imprints pada bahan baku (QS) tidak mempengaruhi kualitas produk silika terlarut luas permukaannya.



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi NaCl pada silika terlarut dan diameter pori.

Gambar 9 menunjukkan representasi dari spektra FTIR untuk silika mesopori yang diperoleh dari Q5 dan Q81 pada konsentrasi 1.4% SiO_2 . Ikatan IR pada 1449 cm^{-1} dan pada 1632 cm^{-1} berhubungan dengan grup -OH yang disebabkan oleh adsorpsi air antara lain. [15]. Intensity vibrasi dari Si-O-Si kovalen dalam rentang 1100 -1000 cm^{-1} dan berhubungan dengan rentang vibrasi ikatan asimetris Si-O-Si sedangkan pada 804 cm^{-1} menggambarkan jaringan ringkas vibrasi ikatan asimetris Si-O-Si. Dalam pada 960 cm^{-1} berhubungan dengan mode regangan Si-OH, tipikal dari struktur gel sebagai grup silanol. Dalam kasus sodium silikat, ikatan ini menunjukkan regangan vibrasi Si-O-. Ikatan IR pada 472 cm^{-1} mengacu pada vibrasi O-Si-O.



Gambar 9. Spektra FTIR silika yang diperoleh dari Q5 dan Q81 pada konsentrasi 1.4% SiO_2 .

Penyusutan kekuatan ion seperti halnya NaCl diketahui dapat mengurangi muatan permukaan dan membantu agregasi secara

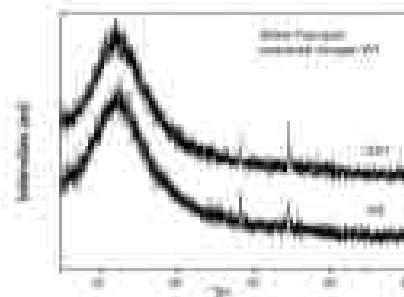
spontan antara campuran misel-silika karena sedikit atau tidak ada kekuatan repulsi antara keduanya. Bila campuran misel-silika bertabrakan dan agregat dengan sedikit atau tanpa muatan repulsi, ion-ion OH⁻ dalam larutan memegang peran penting dalam katalisis pembentukan ikatan silika-silika antar partikel [12].

Tabel 2 menunjukkan parameter silika dalam produk silika mesopori. Penghilangan garam dengan pemecutan setelah pengeringan gel merupakan tahap penting dalam sintesis silika mesopori menggunakan HCl mengacu pada penghilangan basa pemecutan silika dan akhirnya penghilangan garam yang terjadi dalam matrik silika.

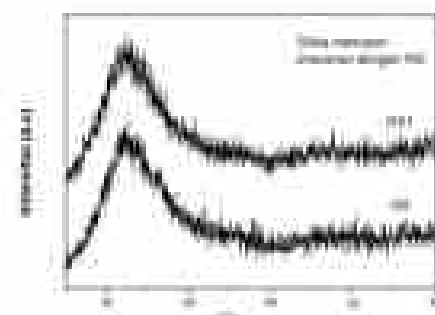
Tabel 2 Parameter silika diperoleh dari dua tipe bahan baku dan dua kondisi pemecutan gel

SiO ₂ (wt%)	Na ₂ O (wt%)	Luas perm. m ² /g	Densitas baku	Kondisi
98.8	0.38	426.67	0.81	W2
99.3	0.41	443.01	0.8	
94.6	0.71	412.22	0.81	
94.2	0.88	350.23	0.8	W1

Gambar 10 menunjukkan representasi pola difraksi X-ray silika mesopori (1.6% SiO₂) yang dihasilkan melalui dua kondisi pemecutan gel (W1 dan W2). Puncak puncak yang terdapat dalam Gambar 10a bertabrakan dengan pola standard difraksi NaCl (JCPDS). Gambar 10b menunjukkan pola difraksi untuk gel yang dicuci setelah pengeringan dalam oven. Tampak bahwa sudah tidak ada lagi puncak puncak garam dalam matrik silika.



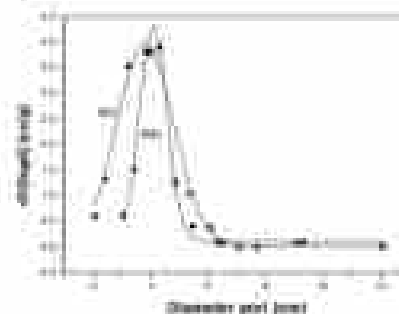
(a)



(b)

Gambar 10 Pola difraksi X-ray silika yang diperoleh melalui (a) W1 dan (b) W2 untuk kedua tipe bahan baku 0.8 dan 0.81

Gambar 11 menunjukkan representasi dari kurva distribusi partikel silika yang dihasilkan melalui tahap pemecutan gel W1 dan W2 untuk konsentrasi 1.6% SiO₂ dalam pH 7.



Gambar 11 Kurva distribusi partikel silika yang diperoleh melalui kondisi pemecutan W1 dan W2 menggunakan konsentrasi 1.6% SiO₂ dan pH 7

Kerna ditambah partikel silika mempunyai bahwa untuk silika yang dihasilkan melalui kalsida penebaran gel W2 lebih tinggi dibandingkan dengan silika yang dihasilkan melalui kalsida penebaran gel W1, akan itu diameter partikel juga lebih besar untuk preparasi silika melalui penebaran gel W2. Distribusi pori yang lebar menunjukkan bahwa ukuran partikelnya tidak seragam.

4 Kesimpulan

Penebaran bahan baku GS untuk menghasilkan jumlahnya menggunakan air tidak efektif mengingat pada hasil ekstraksi silika dan kesempurnaan produk silika. Penebaran gel yang dilakukan setelah pengeringan dalam oven menjadi pengotor untuk kesempurnaan produk dan distribusi pori dari partikel silika menjadi GS dari PLTPH. Uang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan silika dengan hasil yang sangat baik melalui metode ekstraksi dan pengapitan mengacu pada hasil pemeriksaan dan ukuran partikel.

Referensi

- [1] Philip, Y.N., Alkhatib, G.R., & Suda, A.A. *Obtaining of aqueous silica with low ash content: conversion of hydrothermal silica*. *J Chem Tech*, 8, pp. 14-22, 2008.
- [2] Hilar, J.B., & Anderson, T.D. *The development Indonesia geothermal research project*. *Proc. 2nd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*, Stanford Univ., pp. 256-263, 1998.
- [3] Information on *poly. Hydrogen Network*, 2004.
- [4] Permatas, F.I., & Lin, M.S., *Conversion of Geothermal Water to Commercial Products*. *Indus Silica U.S. Pat. No. 6,537,796*, 2003.
- [5] Mahy, S., Setyawan, H., & Simada K. *Production of amorphous silica from Geothermal Sludge*. *Indonesia*. *Proc Chemical Engineering Research*, Rumbia, H.M. Almay, A., 8th ed, 2011.
- [6] Kamah, S. R., & Proctor, A., *Silica gel from rice hull ash: Preparation and characterization*. *Coord Chem*, 75, pp. 484-487, 1998.
- [7] Kalpana, P., Nataraj, A., & Shale, T., *A simple method for production of pure silica from rice hull ash*. *Resour Technol*, 73, pp. 257-262, 2000.
- [8] Alkhatib, G., Setyawan, H., Wicak, S., Permatas, A., & Balgita, R., *A facile method for production of high purity silica extracted from hydrogen ash*. *Indus Technol*, 20, pp. 468-472, 2009.
- [9] Park, J., Han, Y., & Kim, H., *Formation of Mesoporous Materials from Silica Dissolved in Various NaOH Concentrations: Effect of pH*. *Chem Abstr*, 2012.
- [10] Chang, H.L., C.M. Chan, C.M., Almay, J.A., & Hsu, W., *Conversion of fly ash into mesoporous silicified fly ash*. *Ind Eng Chem*, vol. 38, no. 3, pp. 571-577, 1996.
- [11] Hsu, R.K., *Silica gels and powders*. In: Hsu, R.K. (Ed.), *The Chemistry of Silica*. Wiley, New York, U.S.A., pp. 462-508, 1979.
- [12] Silverstein, R.M., Bassler, G.C., & Morrill, T.C., *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, 6th ed., John Wiley and Sons, New York, 1991.

03 Pencucian dua-tahap untuk preparasi silika dari lumpur panas bumi (geothermal sludge)

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

- | | | |
|---|--|---------------|
| 1 | G. Sivakumar, K. Amutha, V. Hariharan. "Structural and morphological studies on nanosilica from treated bagasse and Rice straw", International Conference on Nanoscience, Engineering and Technology (ICONSET 2011), 2011
<small>Crossref</small> | 35 words — 1% |
| 2 | T. Falayi, F. Ntuli, Z. B. Sithole. "Preparation of mesoporous silica (MCM41) and its use as an adsorbent for heavy metals for acid mine drainage", WITPRESS LTD., 2016
<small>Crossref</small> | 30 words — 1% |
| 3 | journals.plos.org
<small>Internet</small> | 25 words — 1% |
| 4 | tel.archives-ouvertes.fr
<small>Internet</small> | 24 words — 1% |
| 5 | ir.nctu.edu.tw
<small>Internet</small> | 21 words — 1% |
| 6 | James Stimac, Gregg Nordquist, Aquardi Suminar, Lutfhie Sirad-Azwar. "An overview of the Awibengkong geothermal system, Indonesia", Geothermics, 2008
<small>Crossref</small> | 21 words — 1% |
| 7 | www.tandfonline.com
<small>Internet</small> | 20 words — 1% |
| 8 | Natalya Valentinovna Makarova, Vadim V. Potapov, Andrey V. | |

Kozin, Evgeniy Anatolievich Chusovitin et al. "Influence of Hydrothermal Nanosilica on Mechanical Properties of Plain Concrete", Key Engineering Materials, 2017 17 words — 1%
Crossref

9 Srie Muljani, Bambang Wahyudi, Ketut Sumada, Suprihatin. "Potassium Silicate Foliar Fertilizer Grade from Geothermal Sludge and Pyrophyllite", MATEC Web of Conferences, 2016 14 words — < 1%
Crossref

10 "Schedule instability in a supply chain: an experimental study", International Journal of Inventory Research, 2008 13 words — < 1%
Crossref

11 akhmadmonggohblog.blogspot.com 12 words — < 1%
Internet

12 www.rsc.org 12 words — < 1%
Internet

13 panggahmsunindra6a.blogspot.com 11 words — < 1%
Internet

14 elkimkor.com 10 words — < 1%
Internet

15 www.grandviewresearch.com 9 words — < 1%
Internet

16 dwifebriantismansabel.blogspot.com 8 words — < 1%
Internet

17 R. Ibrahim Purawiardi, Christin Rina Ratri, Endang Suwandi. "Perubahan Fasa Dalam Pembuatan Serbuk LiFePO₄ Dengan Tiga Tahap Perlakuan Panas Tanpa Pelapisan Karbon [Phase Change In LiFePO₄ Powder Making With Three Step Heat Treatment Non-Carbon Coating]", Metalurgi, 2016 7 words — < 1%
Crossref

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE OFF
BIBLIOGRAPHY

EXCLUDE MATCHES OFF